

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.932.1

Эвристические и квазитопологические алгоритмы контурной сегментации изображений

В.Д.Колдаев

**Московский государственный институт электронной техники
(технический университет)**

Рассмотрен эмпирический алгоритм решения задачи сегментации применительно к системам технического зрения. Проведен анализ эвристических и квазитопологических алгоритмов контурной сегментации и указаны предпочтительные области их применения. Предложена иерархическая организация данных для анализа и обработки изображений.

Процесс распознавания изображений является сложной многоэтапной процедурой, иерархичность которой обусловлена тем, что различные задачи обработки тесно связаны и качество решения одной из них влияет на выбор метода решения остальных. Подход к распознаванию изображений, основанный на сегментации областей однородной яркости и построении структурного описания, использующего геометрические признаки областей, выполняет следующие функции: построение модели изображения, сегментацию изображения и построение графа описания, связывание элементов контуров изображения, нахождение опорных ориентиров на изображении [1, 2].

В последнее время при обработке изображений используются алгоритмы, которые можно считать моделями процессов преобразования информации (или эвристическими информационными моделями), поскольку они обычно создаются в результате формализации интуитивных представлений о характере связей между начальными и финальными (входными и выходными) данными в конкретных задачах. При обработке изображений имеется значительное число эвристических конструкций, которые с большим или меньшим успехом применяются на практике. Таковыми конструкциями являются типовые процедуры выделения контуров, сегментации, сглаживания, повышения контрастности. Классификационные процедуры иерархического типа используются для получения наглядного представления о стратификационной структуре всей исследуемой совокупности объектов. Эти процедуры основаны на последовательном объединении кластеров (агломеративные процедуры) и их разбиении (дивизимные процедуры). Первоначально все объекты считаются отдельными кластерами, затем на каждом последующем шаге два ближайших кластера объединяются в один. Каждое объединение уменьшает число кластеров на один таким образом, что все объекты объединяются в один кластер. В ходе выполнения последовательных процедур формируется дендрограмма, отображающая результаты группирования объектов на всех шагах эвристического алгоритма [1, 3].

В системах обработки изображений широко распространена растровая модель данных, которая соответствует двумерному ячеечному изображению, хранящемуся в памяти компьютера в виде одномерной последовательности значений.

При обычном порядке сканирования растровых изображений в конце каждой строки происходит скачок на начало следующей строки (рис.1,а). При сканировании методом *Boustrophedon* нечетные строки кодируются слева направо, а четные – в обратном направлении (рис.1,б). В указанных способах сканирования учитывается автокорреляция значений ячеек только по одному направлению (по строке) [3, 4].

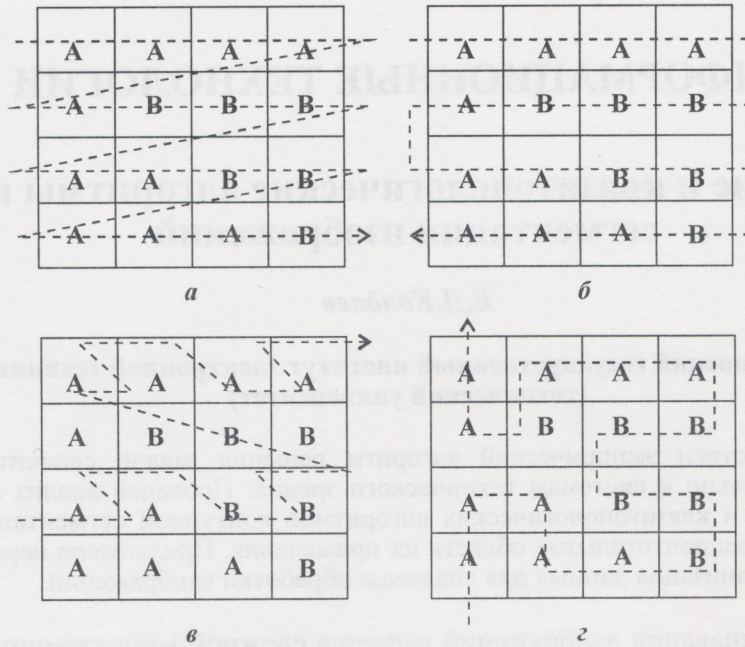


Рис.1. Способы сканирования растров: обычный порядок (а), по методу Boustrophedon (б), Мортонa (в), Пеано (г)

Порядок сканирования методом Мортонa основан на иерархическом разбиении растрового изображения. При этом предпринимается попытка сканирования ячеек таким образом, чтобы охватить линией обхода двумерные пятна (рис.1,в). При сканировании растра по Мортону линия сканирования представляет собой фрактал.

На рис.1,г ячейки растра сканируются методом Пеано по линиям, которые имеют базовый П-образный шаблон, поворачивающийся от уровня к уровню так, чтобы обеспечить непрерывность линии сканирования.

Рассмотренные выше порядки сканирования растровых изображений дают незначительные различия в компрессии данных.

Для получения адаптивного разрешения растрового изображения, в котором участки с меньшей плотностью информации представлены крупными блоками ячеек, а с большей плотностью – мелкими блоками ячеек, осуществляется индексация растра.

При этом исходная матрица делится на четыре подматрицы размером 8×8 и нумеруется в порядке Мортонa как 0, 1, 2, 3. Подматрица считается гомогенной, если в ней содержатся одинаковые значения. Негомогенные подматрицы рекурсивно разбиваются до тех пор, пока не достигнута гомогенность всех подматриц (рис.2). Представленные таким способом растровые данные соответствуют квадродереву, вершина которого – исходное изображение, а листья – гомогенные блоки ячеек. При кодировании квадродеревьев ячейки на каждом уровне могут содержать либо значение гомогенного блока, либо указатель на следующий уровень [4, 5].

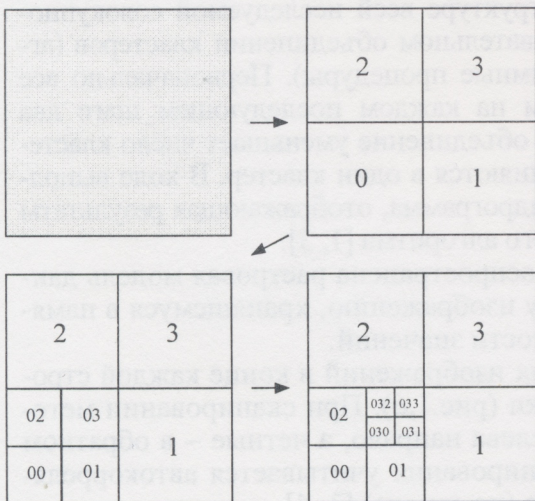


Рис.2. Разбиение растра на гомогенные блоки

Основное преимущество иерархической организации данных заключается в пространственном упорядочении информации и более быстром ее поиске, а также позволять получать быстрые способы доступа к пространственным данным.

Индексирование пространственных объектов позволяет уменьшить вычислительную сложность процедур поиска пересекающихся и вложенных объектов и используется для поиска объектов, пересекающих заданный полигон или линию. Для этого определяется минимальный лист квадродерева, включающий заданный объект. Поднявшись из полученного узла до вершины дерева и выполнив обход поддерева, корнем которого является этот узел, получим список листьев дерева, внутри которых объекты могут пересекаться с заданным объектом.

Среди алгоритмов контурной сегментации особое место занимают квазитопологические алгоритмы обработки изображений, основанные на представлении сегментов изображения в виде графа и поиске на графе пути наименьшей стоимости, который соответствует значимым контурам. Для структурного описания изображения, инвариантного относительно операций переноса и поворота, используется граф с помеченными вершинами и ребрами. Процедура распознавания состоит в установлении изоморфизма графов описания исходного и заданного эталонного изображения.

На основе графового определения задачи сегментации строится модель, использующая методы кластерного анализа. В этом случае вес вершины определяет размер блока (сегмента), а вес ребра – число связей между блоками. Задача состоит в разбиении вершин на множества таким образом, чтобы суммарный вес вершин, попавших в одно множество, не превосходил веса множества, а суммарный вес ребер между разбитыми множествами вершин был минимален.

Рассмотрим эмпирический алгоритм решения задачи сегментации, использующий принцип оптимальности Беллмана. Пусть задано m блоков: l_1, l_2, \dots, l_m . Площадь изображения разбивается на n сегментов. Допустим, что число блоков больше числа сегментов ($m \geq n$), причем $l_1 + l_2 + \dots + l_m \geq s_1 + s_2 + \dots + s_n$, где s_i – i -й сегмент. Рассмотрим случай, когда $s_1 + s_2 + \dots + s_n = ns$; $\forall i, s_i = s, i = 1, 2, \dots, n$. Обозначим матрицу связей между блоками через $R = [r_{ij}]$, где r_{ij} – число передач между блоками b_i и b_j . Очевидно, матрица R – симметричная матрица, т.е. $r_{ij} = r_{ji}$, так как суммарное число передач имеет свойство ассоциативности. Необходимо разбить блоки по сегментам таким образом, чтобы суммарное число передач между сегментами было минимально. Сегменты обладают свойством $s_i \cap s_j = 0, i \neq j$. Выполнение заданного свойства гарантирует тот факт, что при разбиении блоков по сегментам каждый блок может принадлежать только одному сегменту. Алгоритм является последовательным и выполняет шаги до тех пор, пока все блоки не будут разбиты по сегментам [4, 6].

На первом шаге выбирается произвольный блок b_1 и записывается в произвольно выбранный сегмент $b_1 \in s_1$. Определяется блок, с которым определенный в сегмент s_1 блок b_1 имеет максимальное число передач. Далее алгоритм проверяет может ли найденный блок быть определен в сегмент s_1 , т.е. вычисляет сумму $l_1 + l_{new} \geq s_1$. Если ус-

ловие выполняется, то блок $b_{new} \in s_1$, в противном случае, блок b_{new} присваивают следующему сегменту. Блок обладает n признаками $b_i(r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, \dots, r_{in})$ при $r_{ij} = 0, i = j$. На каждой итерации при рассмотрении нового блока этот блок присваивается тому сегменту, который на данном шаге имеет наиболее оптимальную характеристику с точки зрения цели задачи, а сегмент наследует признаки. Алгоритм продолжает свою работу до тех пор, пока не будут рассмотрены все блоки.

Применение графовых моделей для обработки изображений в реальном времени упрощает решение прикладных задач благодаря возможности макетирования высокоуровневого алгоритма обработки зрительных данных. Проблема индексации объектов решается с использованием R -деревьев (R -rectangle), которая базируется на концепции минимального вмещающего прямоугольника. При этом требуется найти два таких прямоугольника, чтобы внутри них было расположено максимально возможное число объектов. При этом нужно стремиться, чтобы количество объектов в прямоугольниках было приблизительно одинаковым (рис.3).

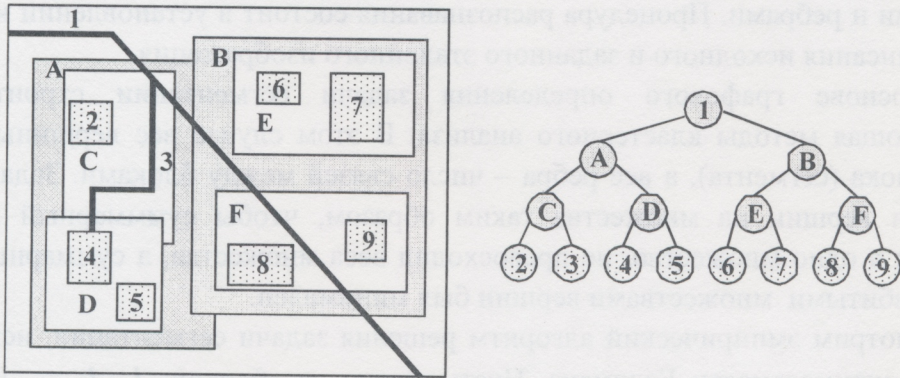


Рис.3. Индексирование элементов интегральной схемы R -деревом

Оверлейная задача на квадродеревьях заключается в совмещении квадродеревьев двух сцен и получении нового квадродерева, индексирующего обе сцены. Для этого требуется одновременно обойти оба дерева, следуя ветвям, существующим в обоих деревьях. В тех узлах, где у одного из деревьев будет отсутствовать ветвление значение атрибута переносится на все последующие подуровни [6].

Получившееся дерево детальности можно обойти, начиная с корня так, что из возможных в каждый конкретный момент путей продолжения обхода (из всех ациклических подграфов) выбирается ребро, которому соответствует разрез с минимальным весом, т.е. с более заметной границей. Алгоритм, реализующий процедуру обнаружения сегментов, представляет собой последовательность этапов построения ациклического подграфа в соответствии с априорной информацией о структурной геометрической модели изображения.

Разработанные подходы обобщают различные способы построения описаний систем, объединяют микро- и макроподходы в проектировании, делают возможным формализацию построения модели проектируемой системы обработки изображений, а также создание формального аппарата проектирования автоматизированных производственных систем.

Литература

1. **Форсайт Д., Понс Ж.** Компьютерное зрение. Современный подход. М.: Вильямс, 2004. – 928 с.
2. **Вудс Р., Гонсалес Р.** Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Handbook of pattern recognition and computer vision / Eds **Chen C.H., Rau L.F., Wang P.S.P.** – Singapore–New Jersey–London–Hong Kong: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 1995. – 984 p.
4. Алгоритмы и структуры данных геоинформационных систем: Методические указания / Сост. **И.В.Варфоломеев, И.Г.Ермакова, А.С.Савельев.** – Красноярск: КГТУ, 2003. – 34 с.
5. **Колдаев В.Д.** Эвристические алгоритмы контурной сегментации изображений // Изв. вузов Электроника. – 2007. – № 4. – С. 71–75.
6. **Колдаев В.Д.** Квазитопологический алгоритм контурной сегментации изображений // Сб. материалов 3-й междунар. науч.-практической конф. «Достижения ученых XXI века». – Тамбов, 2007. – С. 139–141.

Статья поступила
10 апреля 2008 г.

Колдаев Виктор Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и программного обеспечения вычислительных систем МИЭТ. *Область научных интересов:* выделение, идентификация и распознавание изображений в системах технического зрения, функционирующих в реальном масштабе времени; разработка процедурных алгоритмов выделения и идентификации изображений в автоматизированных производственных системах; анализ и формирование информационных массивов в системах принятия решений при создании изделий электронной техники.

Книжные новинки



Динеш С. Дьюб. Электроника: схемы и анализ

Москва: Техносфера, 2008.

ISBN 978-5-94836-165-9



Разработка и анализ электронных приборов и схем составляют неотъемлемую часть университетского курса физики. Книга представляет краткое, но всестороннее изложение по данной теме. Освещены физические аспекты работы биполярных и полевых транзисторов, все схемы проанализированы с первооснов. Глава о производстве интегральных схем выделяет эту книгу из ряда аналогичных изданий. Простота и основательность изложения, большое количество примеров, задач и иллюстраций делают ее незаменимым пособием для студентов технических вузов.